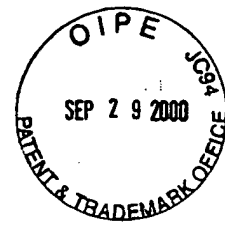


日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
in this Office.

願 年 月 日
Date of Application:

2000年 5月16日

願 番 号
Application Number:

特願2000-142862

願 人
Applicant(s):

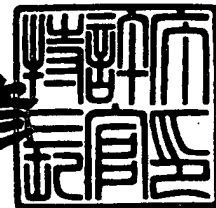
株式会社ニコン

RECEIVED
JUL 17 2001
TC 2000 MAIL ROOM

2000年 6月23日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3046315

【書類名】 特許願

【整理番号】 00-00590

【提出日】 平成12年 5月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027
H01S 3/134

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

【氏名】 土岐 剛史

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代表者】 吉田 庄一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 005223

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ装置、露光装置、および該露光装置を用いるデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザビームを発射するレーザ装置であって、
レーザビームを発射するレーザ本体と、
前記レーザ本体からのレーザビームの発射を制御するレーザ制御手段とを備え

前記レーザ制御手段は、外部機器からの情報に基づいて、前記外部機器で前記レーザ本体からのレーザビームを使用しない待機状態における前記レーザ本体からのレーザビームの発射条件を決定することを特徴とするレーザ装置。

【請求項 2】 前記外部機器からの情報は、前記待機状態の後に前記外部機器で使用されるレーザビームの発射条件であることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ装置。

【請求項 3】 前記外部機器からの情報は、前記待機状態における前記レーザ本体からのレーザビームの発射条件そのものであることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ装置。

【請求項 4】 前記外部機器からの情報は、前記レーザ本体から発射されるレーザビームの目標エネルギーであることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のレーザ装置。

【請求項 5】 前記レーザ本体は、前記レーザビームをパルス的に発射し、
前記外部機器からの情報は、前記レーザ本体からのレーザビームのパルス発振周波数であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のレーザ装置。

【請求項 6】 前記外部機器は、前記レーザ本体から発射されたレーザビームをマスクに照射し、該マスクのパターンの像を基板上に投影して、該基板を露光する露光装置であることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ装置。

【請求項 7】 前記露光装置からの情報は、前記待機状態の後に前記露光装置でレーザビームを使用するときのレーザビームの発射条件であることを特徴と

する請求項 6 に記載のレーザ装置。

【請求項 8】 前記待機状態の後に前記露光装置でレーザビームを使用するときは、前記基板を露光するときであることを特徴とする請求項 7 に記載のレーザ装置。

【請求項 9】 前記レーザ本体は、前記レーザビームをパルス的に発射し、前記露光装置からの情報は、前記レーザ本体から発射されるレーザビームの目標エネルギーと前記レーザ本体からのレーザビームのパルス発振周波数の少なくとも一方であることを特徴とする請求項 6 から 8 のいずれか一項に記載のレーザ装置。

【請求項 10】 レーザビームを基板に照射することによって、前記基板を露光する露光装置において、

前記レーザビームを発射するレーザ本体と、

前記レーザ本体からのレーザビームの発射を制御するレーザ制御手段と、

前記レーザ本体から発射されたレーザビームを前記基板に導くためのビーム路形成手段と、

前記レーザ本体からのレーザビームを使用しない待機状態における前記レーザ本体のレーザビームの発射条件を決定するための情報を前記レーザ制御手段に入力する露光制御手段と、

を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 11】 前記露光制御手段から前記レーザ制御手段に入力される情報は、前記待機状態における前記レーザ本体からのレーザビームの発射条件そのものであることを特徴とする請求項 10 に記載の露光装置。

【請求項 12】 前記露光制御手段から前記レーザ制御手段に入力される情報は、前記待機状態の後で前記レーザ本体からのレーザビームを使用するときの発射条件を含むことを特徴とする請求項 10 に記載の露光装置。

【請求項 13】 前記待機状態の後で前記レーザ本体からのレーザビームを使用するときの発射条件は、前記待機状態の後に基板を露光するために設定される条件であることを特徴とする請求項 12 に記載の露光装置。

【請求項 14】 前記露光制御手段から前記レーザ制御手段に入力される情

報は、前記レーザ本体から出力されるレーザビームの目標エネルギーであることを特徴とする請求項 1 0 から 1 3 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 1 5】 前記レーザ本体は、前記レーザビームをパルス的に発射し

前記露光制御手段から前記レーザ制御手段に入力される情報は、前記レーザ本体から発射されるレーザビームの発振周波数であることを特徴とする請求項 1 0 から 1 4 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 1 6】 前記待機状態で前記レーザ本体から発射されたレーザビームを検出する検出手段をさらに備え、

前記レーザ制御手段は、前記待機状態における前記レーザ本体からのレーザビームの発射条件と前記検出手段での検出結果とに基づいて、前記待機状態の後で前記レーザ本体からのレーザビームを使用するときの制御データを生成することを特徴とする請求項 1 0 から 1 5 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 0 から 1 6 のいずれか一項に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザビームを発射するレーザ装置に関するものである。また、例えば半導体素子、液晶表示素子、撮像素子（CCD等）または薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスを製造するためのリソグラフィ工程で使用される露光装置に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来より半導体素子等を製造する際には、レチクル（マスク）上に形成されたパターンを、フォトリソ等感光材料が塗布されたウエハ（基板）上に転写露光する露光装置が使用されている。この種の露光装置においては、近年の回路パターンの微細化に伴って、高解像度化の要求が高まっている。このような要求

に対処するため、光源としてエキシマレーザ装置を採用して、露光光を短波長化する対策が採られている。

【0003】

上記のようなエキシマレーザ装置では、レチクルやウエハに対するレーザビームの照射を停止した待機状態においては、オペレータの指示なしに、一定間隔おき、もしくは連続的に調整用のパルス発振を行っている。これによって、チャンバ内のガス状態を維持するとともに、その待機状態の後に実行されるレーザビームの発射時に必要となる制御データ（例えば、印加電圧と出力エネルギーとの関係等）の学習を行なっている。この場合、待機状態におけるレーザビームの発射の条件、すなわち、エネルギー設定値（印加電圧）、発振周波数等はレーザ装置が独自に設定していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

近年では露光条件の多様化により、露光時のレーザビームの発射条件（エネルギー設定値や発振周波数）が複雑に変化し、その変化の幅も大きくなってきている。ところが、待機状態における調整用のレーザビームの発射条件は、露光時のレーザビームの発射条件が考慮されていないため、露光時のレーザビームの発射条件と待機状態におけるレーザビームの発射条件とが大きく異なってしまうことがあった。

【0005】

エキシマレーザ装置は、エネルギー設定値や発振周波数などのわずかな変化に影響されやすく、露光時のレーザビームの発射条件と待機状態におけるレーザビームの発射条件とが大きく異なっている場合には、露光時のレーザビームの出力制御を、待機状態で学習した制御データに基づいて行くと、レーザビームの出力が不安定になってしまうという現象が生じることがあった。特に、レーザビームの発射の初期段階において、要求されるレーザビームのエネルギーと実際に発射されたレーザビームのエネルギーとのずれが大きくなるという現象が起きることがあった。

【0006】

本発明は、このような従来の技術に存在する問題点に着目してなされたものである。その目的は、レーザビームの発射条件が変化しても、その発射の初期段階から安定した所望のレーザビームを出力できるレーザ装置を提供することにある。

【0007】

また、その他の目的としては、露光時におけるレーザビームの発射条件が種々変化しても、安定した所望のレーザビームをウエハなどの基板に照射することができる露光装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために請求項1の発明のレーザ装置は、レーザビームを発射するレーザ本体（1a）と、そのレーザ本体からのレーザビームの発射を制御するレーザ制御手段（1d）とを備え、そのレーザ制御手段は、外部機器（26，2，3……）からの情報に基づいて、その外部機器でレーザ本体からのレーザビームを使用しない待機状態におけるレーザ本体（1a）からのレーザビームの発射条件（ E_t ， F_w ）を決定するようにしたものである。

【0009】

請求項1の発明によれば、例えばその待機状態の後に行なわれるレーザビームの発射条件を外部から入力して、その外部から入力された情報に基づいて、その待機状態におけるレーザビームの発射条件が設定できるため、その待機状態の後のパルス発振時には、そのパルス発振の初期段階から所望のレーザビームを安定して出力することができる。

【0010】

また請求項10の発明の露光装置は、レーザビーム（LB）を発射するレーザ本体（1a）と、そのレーザ本体からのレーザビームの発射を制御するレーザ制御手段（1d）と、そのレーザ本体から発射されたレーザビームを基板（14）に導くためのビーム路形成手段（2，3，M…）と、そのレーザ本体からのレーザビームを使用しない待機状態におけるレーザ本体（1a）のレーザビームの発射条件を決定するための情報（TS）をレーザ制御手段（1d）に入力する露光

制御手段（26）とを備えるようにしたものである。

【0011】

請求項10の発明によれば、レーザ装置の待機状態におけるレーザビームの発射条件を決定するための情報を露光装置からレーザ装置に送るようにしたので、レーザ装置では、その待機状態でのレーザビームの発射条件を露光装置で使用するレーザビームの条件に合わせて設定できるため、その待機状態の後のパルス発振時には、そのパルス発振の初期段階から所望のレーザビームを安定して出力することができ、基板に対する積算露光量を均一化することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1実施形態につき図面を参照して説明する。本例は、パルスエネルギー源としてエキシマレーザ光源を使用するステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に本発明を適用したものである。

【0013】

図1は本例の投影露光装置を示し、この図1において、エキシマレーザ光源1からパルス発光されたレーザビームLBは、シリンダレンズやビームエキスパンダ等で構成されるビーム整形光学系2により、後続のフライアイレンズ5に効率よく入射するようにビームの断面形状が整形される。エキシマレーザ光源1としては、KrF（波長248nm）、又はArF（波長193nm）等のエキシマレーザ光源が使用できる。なお、パルスエネルギー源として、F2（波長157nm）等のレーザ光源、金属蒸気レーザ光源やYAGレーザの高調波発生装置等のパルス光源を使用する場合にも本発明が適用できる。

【0014】

ビーム整形光学系2から射出されたレーザビームLBは、エネルギー調整器としてのエネルギー粗調器3に入射する。エネルギー粗調器3は、回転自在なレボルバ上に透過率（＝1－減光率）の異なる複数個のNDフィルタを配置したものであり、そのレボルバを回転することにより、入射するレーザビームLBに対する透過率を100％から複数段階で切り換えることができるように構成されている。

【 0 0 1 5 】

エネルギー粗調器 3 から射出されたレーザビーム L B は、光路折り曲げ用のミラー M を介してフライアイレンズ 5 に入射する。フライアイレンズ 5 は、後述のレチクル 1 1 を均一な照度分布で照明するために多数の 2 次光源を形成する。フライアイレンズ 5 の射出面には照明系の開口絞り（所謂 σ 絞り）6 が配置され、その開口絞り 6 内の 2 次光源から射出されるレーザビーム（以下、「パルス照明光 I L」と呼ぶ）は、反射率が小さく透過率の大きなビームスプリッタ 7 に入射し、ビームスプリッタ 7 を透過した露光ビームとしてのパルス照明光 I L は、第 1 リレーレンズ 8 A を経て固定視野絞り（固定レチクルブラインド）9 A の矩形の開口部を通過する。固定視野絞り 9 A は、レチクルのパターン面に対する共役面の近傍に配置されている。また、固定視野絞り 9 A の近傍に走査方向の位置及び幅が可変の開口部を有する可動視野絞り 9 B も配置され、スキャン方向の羽根については、走査露光の開始時及び終了時にその可動視野絞り 9 B を介して照明領域を更に制限することによって、不要な露光が防止される。

【 0 0 1 6 】

固定視野絞り 9 A、及び可動視野絞り 9 B を通過したパルス照明光 I L は、第 2 リレーレンズ 8 B、及びコンデンサレンズ 1 0 を経て、レチクルステージ 1 5 上に保持されたレチクル 1 1 上の矩形の照明領域 1 2 R を均一な照度分布で照明する。レチクル 1 1 上の照明領域 1 2 R 内のパターンを投影光学系 1 3 を介して投影倍率 α （ α は例えば $1/4$ 、 $1/5$ 等）で縮小した像が、フォトリジストが塗布されたウエハ 1 4 上の矩形の露光領域（照野フィールド）1 2 W に投影され、その露光領域 1 2 W 内でウエハ 1 4 が露光される。ウエハ 1 4 は、例えばシリコン又は S O I (silicon on insulator) 等のウエハ (wafer) である。

【 0 0 1 7 】

以下、投影光学系 1 3 の光軸 A X に平行に Z 軸を取り、その光軸 A X に垂直な平面内で照明領域 1 2 R に対するレチクル 1 1 の走査方向（即ち、図 1 の紙面に平行な方向）を Y 方向、その走査方向に垂直な非走査方向を X 方向として説明する。

【 0 0 1 8 】

レチクルステージ 1 5 はレチクルステージ駆動部 1 8 により Y 方向に駆動される。レチクルステージ 1 5 上に固定された移動鏡、及び外部のレーザ干渉計 1 6 により計測されるレチクルステージ 1 5 の X 座標、Y 座標、及び回転角がステージコントローラ 1 7 に供給され、ステージコントローラ 1 7 は供給された座標等に基づいてレチクルステージ駆動部 1 8 を介して、レチクルステージ 1 5 の位置及び速度を制御する。

【 0 0 1 9 】

一方、ウェハ 1 4 は、不図示のウェハホルダを介して Z チルトステージ 1 9 上に載置され、Z チルトステージ 1 9 は X Y ステージ 2 0 上に載置されている。X Y ステージ 2 0 は、X 方向、Y 方向にウェハ 1 4 の位置決めを行うと共に、Y 方向にウェハ 1 4 を等速移動（走査）する。また、Z チルトステージ 1 9 は、ウェハ 1 4 の Z 方向の位置（フォーカス位置）を調整すると共に、X Y 平面に対するウェハ 1 4 の傾斜角を調整する機能を有する。Z チルトステージ 1 9 上に固定された移動鏡、及び外部のレーザ干渉計 2 2 により計測される X Y ステージ 2 0 の X 座標、Y 座標、及び回転角がステージコントローラ 1 7 に供給され、ステージコントローラ 1 7 は供給された座標等に基づいてウェハステージ駆動部 2 3 を介して X Y ステージ 2 0 の位置、及び速度を制御する。

【 0 0 2 0 】

また、ステージコントローラ 1 7 の動作は、不図示の装置全体を統轄制御する主制御系によって制御されている。そして、走査露光時には、レチクル 1 1 がレチクルステージ 1 5 を介して、照明領域 1 2 R に対して + Y 方向（又は - Y 方向）に速度 V_R で走査されるのに同期して、X Y ステージ 2 0 を介してウェハ 1 4 は、露光領域 1 2 W に対して - Y 方向（又は + Y 方向）に速度 $\alpha \cdot V_R$ (α はレチクル 1 1 からウェハ 1 4 に対する投影倍率) で走査される。

【 0 0 2 1 】

また、Z チルトステージ 1 9 上のウェハ 1 4 の近傍に光電変換素子からなる照度むらセンサ 2 1 が常設され、照度むらセンサ 2 1 の受光面はウェハ 1 4 の表面と同じ高さに設定されている。照度むらセンサ 2 1 としては、遠紫外域で感度があり、且つパルス照明光を検出するために高い応答周波数を有する P I N 型のフ

フォトダイオード等が使用できる。照度むらセンサ 2 1 の検出信号が不図示のピークホールド回路、及びアナログ／デジタル（A／D）変換器を介して露光コントローラ 2 6 に供給されている。

【 0 0 2 2 】

図 1 において、ビームスプリッタ 7 で反射されたパルス照明光 I L は、集光レンズ 2 4 を介してエネルギーセンサとしての光電変換素子よりなるインテグレータセンサ 2 5 で受光される。インテグレータセンサ 2 5 の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及び A／D 変換器を介して出力 D S （digit）として露光コントローラ 2 6 に供給される。

【 0 0 2 3 】

インテグレータセンサ 2 5 の出力 D S と、ウエハ 1 4 の表面（像面）上でのパルス照明光 I L の単位面積当たりのパルスエネルギー（露光量）との相関係数は予め求められて露光コントローラ 2 6 内に記憶されている。

【 0 0 2 4 】

露光コントローラ 2 6 は、ステージコントローラ 1 7 からのステージ系の動作情報に同期して、制御情報 T S をシリアルインターフェースやパラレルインターフェースを介してエキシマレーザ光源 1 に供給することによって、エキシマレーザ光源 1 の発光タイミング（発振周波数）、及び発光パワー（エネルギー）等を制御する。更に、露光コントローラ 2 6 は、エネルギー粗調器 3 の N D フィルタを切り換えることによって透過率を制御し、ステージコントローラ 1 7 は、ステージ系の動作情報に同期して可動視野絞り 9 B の開閉動作を制御する。

【 0 0 2 5 】

次に、本例の露光量制御系の構成につき図 2 を参照して説明する。

【 0 0 2 6 】

図 2 は、図 1 の投影露光装置の露光量制御系を示し、この図 2 のエキシマレーザ光源 1 の内部において、レーザ共振器 1 a からパルスの放出されたレーザビームは、透過率が高く僅かな反射率を有するビームスプリッタ 1 b に入射し、ビームスプリッタ 1 b を透過したレーザビーム L B が外部機器としての投影露光装置に導かれる。また、ビームスプリッタ 1 b で反射されたレーザビームは光電変

換素子よりなるエネルギーモニタ 1 c に入射し、エネルギーモニタ 1 c からの光電変換信号が、不図示のピークホールド回路を介して出力 E S としてコントローラ 1 d に供給される。コントローラ 1 d は、シリアルインターフェースやパラレルインターフェースを介して露光装置内の露光コントローラ 2 6 に接続されており、露光コントローラ 2 6 からの制御情報 T S に基づいて高圧電源 1 e 内の電源電圧を設定し、これによって、レーザ共振器 1 a から射出されるレーザビーム L B のパルスエネルギーが所定の値の近傍に設定される。

【 0 0 2 7 】

この場合、エキシマレーザ光源 1 の 1 パルス当たりのエネルギーの平均値は通常、所定の中心エネルギー E_0 (定格出力) において安定化されているが、そのエネルギーの平均値はその中心エネルギー E_0 の上下の所定の可変範囲 (例えば $\pm 10\%$ 程度) で制御できるように構成されている。本例ではその可変範囲でパルスエネルギーの微変調を行う。また、エキシマレーザ光源 1 内のビームスプリッタ 1 b の外側には、露光コントローラ 2 6 からの制御情報 T S に応じてレーザビーム L B のビーム路を遮断するためのシャッタ 1 f も配置されている。

【 0 0 2 8 】

またレーザ共振器 1 a 内にはガスを循環させるためのファン (不図示) も設けられている。コントローラ 1 d はレーザ共振器 1 a のレーザビーム L B のパルス発振の間隔 (発振周波数) に応じてファンの回転速度を調整する。

【 0 0 2 9 】

またさらにレーザ共振器 1 a 内には、不図示の温度センサや圧力センサが設けられており、コントローラ 1 d は温度センサや圧力センサの結果に応じて、レーザ共振器 1 a の温度調整やレーザ共振器 1 a 内のガス圧の調整を行っている。

【 0 0 3 0 】

次に本例のレーザ制御動作、及び露光動作を説明する。なお、露光中のレーザ制御動作は特開 2000-21717 号公報に詳細に開示されている。

【 0 0 3 1 】

複数枚のウエハからなる一つのロットの処理に先立ち、オペレータによって、まず図 1 のウエハ 1 4 上のレジストの既知の感度に応じた、ウエハ 1 4 上の各点

に対する積算露光量の目標値である目標露光量 S_0 が定められると共に、エキシマレーザ光源 1 のパルスエネルギーの既知のばらつき、及び予め設定されている必要な露光量制御再現精度よりウエハ 1 4 上の各点に照射されなければならないパルス照明光 I L の最小露光パルス数 N_{min} が定められている。

【 0 0 3 2 】

これらのパラメータに基づいて露光コントローラ 2 6 は、エネルギー粗調器 3 の透過率を最大にして、実際に例えば上記の中心エネルギー E_0 の近傍でエキシマレーザ光源 1 に所定回数パルス発光を行わせて、インテグレータセンサ 2 5 を介してウエハ 1 4 上での平均的なパルスエネルギー P を計測し、この計測結果でその積算露光量の目標値 S_0 を割ることによって露光パルス数 N （露光中にウエハ 1 4 上の各点に照射されるべきパルス数）を求める。なお、実際には S_0 / P は必ずしも整数にはならないため、後述のように S_0 / P を四捨五入した値が使用される。しかしながら、ここでは簡単のため、 S_0 / P が整数であるとして説明する。

【 0 0 3 3 】

そして、求められた露光パルス数 N が既に N_{min} 以上であれば、そのまま露光に移行するが、露光パルス数 N が N_{min} より小さいときには、露光コントローラ 2 6 は、その露光パルス数 N が N_{min} 以上となる範囲で、かつ例えば最も大きな透過率を持つ ND フィルタをエネルギー粗調器 3 中から選択し、選択された ND フィルタを設定する。選択された透過率を T_{ND} とすると、露光パルス数 N は $(S_0 / (P \cdot T_{ND}))$ となる。実際には、 $(S_0 / (P \cdot T_{ND}))$ も必ずしも整数とはならないため四捨五入する必要があるが、ここでは簡単のために $(S_0 / (P \cdot T_{ND}))$ が整数であるとする。この結果、1 パルス当たりの目標エネルギー E_t は S_0 / N となる。この目標エネルギー E_t が露光コントローラ 2 6 からエキシマレーザ光源 1 のコントローラ 1 d に供給される。コントローラ 1 d は次のパルス発振時のレーザビーム L B の目標エネルギーを E_t に設定するために、高圧電源 1 e の印加電圧を設定する。

【 0 0 3 4 】

また、図 1 のウエハ 1 4 上のスリット状の露光領域 1 2 W の走査方向の幅（ス

リット幅)を D_W 、エキシマレーザ光源1の発振周波数を F_W 、走査露光時のウエハ14の走査速度を V_W とすると、パルス発光間にウエハ14が移動する間隔は V_W/F_W であるため、その露光パルス数 N は次式で表される。即ち、その露光パルス数 N が得られるように、スリット幅 D_W 、及び発振周波数 F_W 等を設定し直す必要がある。

【0035】

$$N = D_W / (V_W / F_W) \quad (1)$$

ただし、通常そのスリット幅 D_W は一定であるため、(1)式が成立するように発振周波数 F_W 、及び走査速度 V_W の少なくとも一方が設定される。そして、走査速度 V_W の情報はステージコントローラ17に供給され、発振周波数 F_W はエキシマレーザ光源1のコントローラ1dに供給される。

【0036】

その後、1枚目のウエハWの走査露光時に露光コントローラ26は、コントローラ1dに露光準備指令を発した後、周波数 F_W で発光トリガ信号をコントローラ1dに供給する。エキシマレーザ光源1のレーザ共振器1aからは露光コントローラ26からのトリガ信号に応じてレーザビームLBが発射される。また露光コントローラ26はインテグレータセンサ26の出力DSを、パルス毎に、エキシマレーザ光源1のコントローラ1dへ直接フィードバックしてる。コントローラ1dはインテグレータセンサ26の出力DSに基づいて、その後のパルス発光のときに高圧電源1eからレーザ共振器1aに供給される印加電圧を調整する。一例として発光パルス数が前述の N に達するまでは、レーザ共振器1aから発射されるレーザビームの各パルスエネルギーの平均値が目標エネルギー $E_t (S_0/N)$ となるように、インテグレータセンサ25からの出力DSに基づき、予め用意されている制御データを使って、次のパルス発光時の高圧電源1eの電圧を制御する。また発光パルス数が前述の N に達してからは、順次一連の N パルス分の積算露光量(移動ウィンドウ)に基づき、次のパルス発光時の高圧電源1eの印加電圧を制御する。これによって、走査露光後のウエハ14上の各点には、必要な露光量制御精度で目標値 S_0 となる積算露光量が与えられる。

【0037】

この際に、コントローラ 1 d ではエネルギーモニタ 1 c の出力 E_S を検出し、この検出結果が目標エネルギー E_t に対して許容範囲であるかどうかを確認し、エキシマレーザ光源 1 自体の異常の有無をチェックしている。

【 0 0 3 8 】

1 枚目のウェハ 1 4 の露光が終了すると、露光コントローラ 2 6 からエキシマレーザ光源 1 のコントローラ 1 d に待機の指令（バーストオフ信号）が出力される。この待機指令が通知されると、エキシマレーザ光源 1 のコントローラ 1 d はシャッター 1 f を閉じるとともに、レーザ共振器 1 a 内のガス状態を維持するために、また次の外部へのパルス発光時に使用される制御データ（レーザ共振器 1 a から出力されるレーザビームのエネルギーと印加電圧との関係など）を得るために一定間隔、もしくはほぼ連続的に調整用のパルス発振を行う。

【 0 0 3 9 】

なお、1 枚のウェハの露光が終了するたびにエキシマレーザ光源 1 を待機状態にして調整用のパルス発振を行う必要はなく、複数枚のウェハの露光処理が終了することに行うだけでもよい。

【 0 0 4 0 】

この調整用のパルス発振の条件は、シャッター 1 f を開けて行なわれる次の実パルス発振のとき（露光装置でエキシマレーザ光源 1 からのレーザビームを使用するとき、すなわち露光時、アライメント計測動作時、投影光学系の結像特性の計測動作時など）の条件を考慮して設定される。

【 0 0 4 1 】

したがって、調整用のパルス発振の条件を決定するために、待機指令とともに、次の実パルス発振の条件が制御情報 T_S として露光コントローラ 2 6 からエキシマレーザ光源 1 のコントローラ 1 d に入力される。

【 0 0 4 2 】

ただし本例においては、次の実パルス発振は 2 枚目のウェハの露光時であり、2 枚目のウェハも 1 枚目と同じ露光条件で露光されるため、先に設定された目標エネルギー E_t 、発振周波数 F_w が、調整用のパルス発振の条件を決定するための情報として露光コントローラ 2 6 からエキシマレーザ光源 1 のコントローラ 1

dに入力される。

【0043】

また本例においては、エキシマレーザ光源1のコントローラ1dは、次の実パルス発振のときの発振条件と同じ条件で調整用のパルス発振を行う。すなわち、コントローラ1dは、調整用のパルス発振の条件として、目標エネルギー E_t 、発振周波数 F_w を設定する。

【0044】

さらにエキシマレーザ光源1のコントローラ1dは、調整用のパルス発振の条件（目標エネルギー E_t 、発振周波数 F_w ）に合わせて、調整用のパルス発振のときの、レーザ共振器1a内に設置されたファンの回転速度、レーザ共振器1aの温度、レーザ共振器内のガス圧、休止間隔（待機状態における調整用のパルス発振の休止時間）を最適化する。

【0045】

エキシマレーザ光源1のコントローラ1dは、調整用のパルス発振の準備が整うと、目標エネルギー E_t に応じた印加電圧が高圧電源1eからレーザ共振器1aに供給され、コントローラ1dの内部で生成される周波数 F_w のトリガ信号に応じてレーザ共振器1aからレーザビームLBが発射される。レーザ共振器1aからの発射されたレーザビームLBの一部はビームスプリッタ1bで反射し、エネルギーモニター1cに入射する。エネルギーモニター1cで検出されたエネルギー情報は出力ESとしてエネルギーモニター1cからコントローラ1dに入力する。コントローラ1dは、調整用のパルス発振条件、およびエネルギーモニター1cからの情報ESに基づいて、次の実パルス発振時の制御データを生成する。なお次の実パルス発振時の制御データは、目標エネルギーに対する印加電圧の制御情報だけでなく、レーザ共振器1a内のファンの回転速度、レーザ共振器1aの温度、レーザ共振器1a内のガス圧などの制御情報も含まれる。

【0046】

そして、2枚のウエハの露光準備が完了すると、露光コントローラ26からエキシマレーザ光源1のコントローラ1dに露光準備指令が通知され、直前の待機状態のときに生成された制御データを使って、2枚目のウエハの露光が開始され

る。

【 0 0 4 7 】

このように、エキシマレーザ光源 1 の待機状態における調整用のパルス発振の条件が、次の実パルス発振の条件を考慮して設定されるとともに、その調整用のパルス発振によって生成された制御データを次の実パルス発振のときに用いるようにしているので、次の実パルス発振時には、初期段階から所望エネルギーのレーザビームを安定して出力することができ、ウエハ 1 4 に対する積算露光量を所望の精度で均一化することができる。

(変形例 1)

上記第 1 実施形態では、コントローラ 1 d は、調整用のパルス発振の条件を、次の実パルス発振の条件と同一に設定していたが必ずしも同一にする必要はなく、次の実パルス発振の条件に合わせて最適化すればよい。

(変形例 2)

上記第 1 実施形態では、エキシマレーザ光源 1 の調整用のパルス発振の条件を決定するために、次の実パルス発振の条件として、目標エネルギーと発振周波数とを、露光コントローラ 2 6 からエキシマレーザ光源 1 のコントローラ 1 d に入力していたが、どちらか一方でも構わないし、その他の条件をコントローラ 1 d に入力するだけでもよい。

【 0 0 4 8 】

例えば、次の実パルス発振の条件としての、目標エネルギー、発振周波数（発振周期）、実パルス発振時の休止間隔、露光パルス数 N、パルス発振開始直後の印加電圧値の少なくとも一つを露光コントローラ 2 6 からエキシマレーザ光源 1 のコントローラ 1 d に入力するだけでもよい。

(変形例 3)

上記第 1 実施形態では、エキシマレーザ光源 1 の待機状態開始時に、次の実パルス発振の条件を露光コントローラ 2 6 からエキシマレーザ光源 1 のコントローラ 1 d に入力するようにしていたが、エキシマレーザ光源 1 の待機状態開始時に必ず入力する必要はない。例えば、次の実パルス発振の条件がその前の実パルス発振時の条件とほぼ同一の場合には、その前の実パルス発振のときに設定された

条件に基づいて調整用のパルス発振の条件を設定してやればよい。また一つのロットの1枚目のウエハの露光のために設定されたパルス発振の条件に基づいて、そのロットの処理開始前に、そのロットの処理中に行なわれるエキシマレーザ光源1の調整用パルス発振の条件を設定するようにしてもよい。

(変形例4)

上記第1実施形態では、エキシマレーザ光源1の調整用のパルス発振の条件を決定するために、次の実パルス発振の条件を露光コントローラ26からエキシマレーザ光源1のコントローラ1dに入力していたが、調整用パルス発振の条件そのものを露光コントローラ26からエキシマレーザ光源1のコントローラ1dに入力するようにしてもよい。ただし、この場合も、上記変形例3と同様、エキシマレーザ光源1の待機状態開始時に必ず入力する必要はない。

【0049】

また調整用パルス発振の条件としては、目標エネルギー（印加電圧）、発振周波数、休止間隔、レーザ共振器1a内のファンの回転速度、レーザ共振器1aの温度、レーザ共振器1a内のガス圧のうちの少なくとも一つを、露光コントローラ26からエキシマレーザ光源1のコントローラ1dに入力すればよい。

(変形例5)

上記第1実施形態では、走査露光時にインテグレータセンサ26の出力DSに基づいてエキシマレーザ光源1の高圧電源1eがレーザ共振器1aに供給する印加電圧を調整しているが、エキシマレーザ光源1内のエネルギーモニタ1cの出力ESに基づいて印加電圧を調整するようにしてもよい。

【0050】

また、上記第1実施形態では、インテグレータセンサ26の出力DSは露光コントローラ26を介してエキシマレーザ光源1のコントローラ1dに入力されているが、インテグレータセンサ26の出力DSを露光コントローラ26を介さずに直接エキシマレーザ光源1のコントローラ1dに入力するようにしてもよい。

【0051】

なお、上記の実施形態の露光装置は、複数のレンズから構成される照明光学系

、投影光学系を露光装置本体に組み込み光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより製造することができる。この場合、その露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【 0 0 5 2 】

また、上記の実施形態の露光装置を用いてレチクルのパターンが転写されるウエハより、半導体デバイスが製造される。即ち、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを制作するステップ、前述した実施の形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに露光するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

【 0 0 5 3 】

更に本発明は、ステッパーのような一括露光型の投影露光装置にも適用できる。

【 0 0 5 4 】

このように、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【 0 0 5 5 】

【発明の効果】

以上のように本発明のレーザ装置によれば、レーザビームの発射条件が変化しても、その発射の初期段階から安定した所望のレーザビームを出力できる。

【 0 0 5 6 】

また、本発明の露光装置によれば、露光時などのレーザビームの使用条件（発射条件）が種々変化しても、安定した所望のレーザビームを基板に照射することができ、基板に対する積算露光量を所望の精度で均一化することができる。また逆に、露光時などのレーザビームの条件の使用可能範囲（エネルギーレンジや周波数レンジ）が大きくなり、マスクの照明条件や基板の露光条件の選択肢を広げることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態の一例で使用するステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置を示す構成図である。

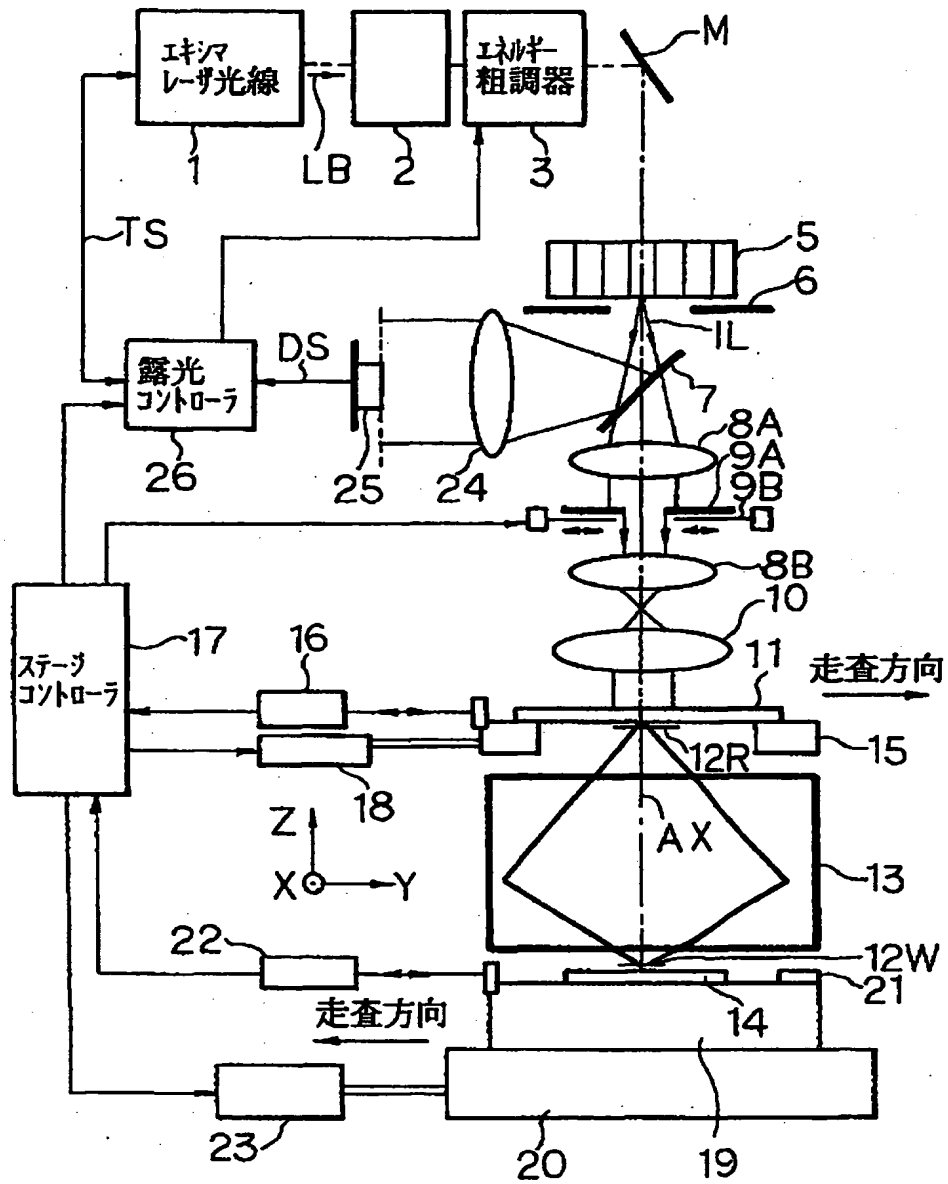
【図 2】 図 1 の投影露光装置の露光量制御系を示すブロック図である。

【符号の説明】

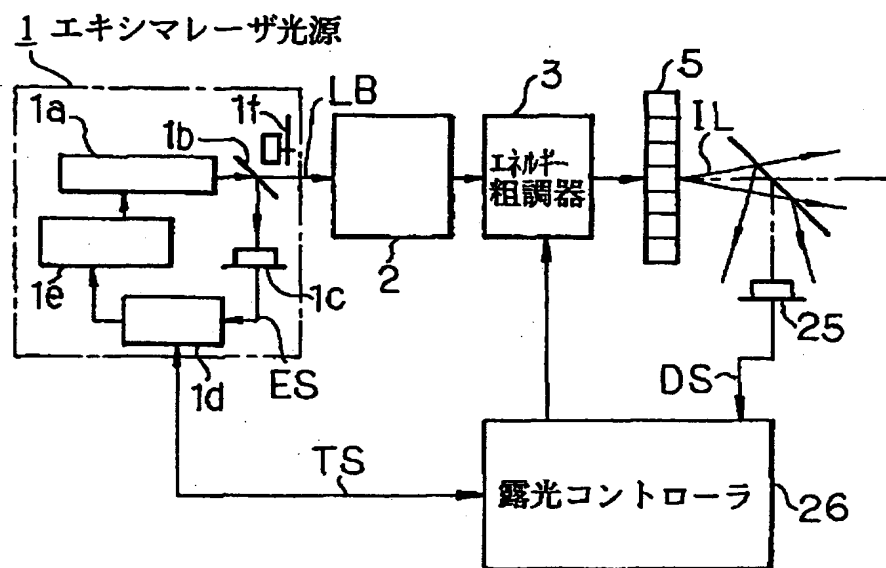
1 …エキシマレーザ光源、1 c …エネルギーモニタ、1 d …エネルギーコントローラ、1 e …高圧電源、2 …ビーム整形光学系、3 …エネルギー粗調器、7 …ビームスプリッタ、1 1 …レチクル、1 3 …投影光学系、1 4 …ウエハ、1 5 …レチクルステージ、1 7 …ステージコントローラ、1 9 …Zチルトステージ、2 0 …XYステージ、2 1 …照度むらセンサ、2 5 …インテグレータセンサ、2 6 …露光コントローラ

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザビームの発射条件が種々変化しても、その発射の初期段階から所望のレーザビームを安定して出力できるレーザ装置を提供する。

【解決手段】 レーザビームを発射するレーザ本体（1 a）からのレーザビームの発射を制御するレーザ制御手段（1 d）に、そのレーザビームを使用する外部機器（2 6， 2， 3 ……）からの情報に基づいて、その外部機器でレーザビームを使用しない待機状態におけるレーザ本体（1 a）からのレーザビームの発射条件（ E_t ， F_w ）を決定するようにした。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名	株式会社ニコン